

## Beschreibung

## Dosiervorrichtung

- 5 Die Erfindung betrifft eine Dosiervorrichtung, insbesondere mit einer Aktoreinheit als Antrieb für ein Ventil in einem Common-Rail Diesel Injektor.

- 10 Mechanische Toleranzen, temperaturbedingte und druckbedingte Längenänderungen, Alterungseffekte eines insbesondere in einem Fluidventil eingesetzten PMA (Piezoelektrischer Multilayer Aktor), nachfolgend "Piezoaktor" genannt, wirken sich unmittelbar auf den Öffnungshub eines mit dem Piezoaktor verbundenen Fluidventils und damit auf dessen Dosiermenge aus.
- 15 Herkömmliche Methoden zur Kompensation der temperaturbedingten Längenänderung des Piezoaktors anhand geeigneter Werkstoffkombinationen werfen aber schwerwiegende Stabilitäts- und Herstellungsprobleme auf.
- 20 Das durch den inversen piezoelektrischen Effekt bei Hochleistungskeramiken erreichbare Elongationsverhältnis des Piezoaktors aufgrund des Anlegens einer maximal für den Dauerbetrieb zulässigen Feldstärke von ca. 2KV/mm beträgt nur 1,2- 1,4 Promille (also 1,2 - 1,4  $\mu\text{m}$  Elongation je 1 mm Länge des Piezoaktors). Bei einer typischen Baulänge des Piezoaktors von
- 25 ca. 40mm und einem Piezo-Schichtabstand von 80 $\mu\text{m}$  bei 160V angelegter Spannung führt der inverse piezoelektrische Effekt zu einer Elongation von maximal 56 $\mu\text{m}$ . Liegt also zwischen dem Piezoaktor und dem Gehäuse in dem der Piezoaktor eingebaut
- 30 ist auch nur eine minimale relative Abweichung im effektiven Temperaturdehnungskoeffizienten von ca.  $1 \cdot 10^{-6}$  1/K über die Länge des Piezoaktors von 40mm vor, so führt dies im automobiltechnisch relevanten Temperaturbereich  $-40^{\circ}\text{C}$  bis  $140^{\circ}\text{C}$  zu einer Abweichung der für den Ventilbetrieb relevanten Referenzflächen von -2,4 $\mu\text{m}$  bis zu +4,8 $\mu\text{m}$  oder in Summe zu 7,2 $\mu\text{m}$
- 35 und bezogen auf die Elongation des Piezoaktors zu einer Abweichungsbandbreite von bis zu 13%.

Zudem führen die komplexen Prozessschritte bei der Herstellung, angefangen beim Aufbau der Piezoaktorkeramik bis hin zum Polungsvorgang, zu Bauteiltoleranzen, die es schwer machen, die Temperaturdehnung des Piezoaktors in einem hinreichend engen Toleranzfeld zu halten.

Als Bauteil mit Domänenstruktur und Hysterese hängt der Temperaturdehnungskoeffizient stark vom Polarisationszustand und der mechanischen und elektrischen Belastungsvorgeschichte des Piezoaktors ab. Die Temperaturabhängigkeit der Länge des Piezoaktors ist nichtlinear. Der Temperaturdehnungskoeffizient kann bei demselben Piezoaktor Werte im Bereich von  $-5 \cdot 10^{-6}$  1/K bis zu  $+7 \cdot 10^{-6}$  1/K annehmen [1].

Die durch das elektrische Aufladen des Piezoaktors erzeugte positive Längenänderung des Piezoaktors wird in aktuellen Common-Rail Diesel Injektoren zum Aufstoßen eines Dichtelements genutzt. Aus Toleranzgründen ist dabei ein "thermisches Gap", also ein Sicherheitsabstand, zwischen dem frei beweglichen Ende einer piezoelektrischen Aktuatoreinheit (PAU), die als Stößel ausgebildet oder an die ein Stößel mechanisch steif angekoppelt ist und dem Dichtelement von typisch 3-5 µm vorgesehen. Die PAU besteht aus einer oberen Endkappe die mechanisch steif gelagert wird und die mindestens eine Bohrung enthält durch die elektrische Anschlüsse des Piezoaktors nach außen geführt werden können, einer unteren Endkappe, die als Stößel ausgebildet oder an die ein Stößel mechanisch steif angekoppelt ist, dem Piezoaktor und einer Rohrfeder in die der Piezoaktor unter einer Druckvorspannung von ca. 600N-800N zwischen die beiden Endkappen eingeschweißt ist. Eine thermische Abstimmung zwischen dem Aktorgehäuse und dem PAU kann nicht ideal erfolgen. Der Sicherheitsabstand dient dazu, dass im Falle einer stärkeren thermischen Dehnung der PAU relativ zum Aktorgehäuse das Dichtelement geöffnet wird und es so zu einer Dauerleckage durch das Servoventil kommt. Jedoch machen die angeführten Schwankungen des PMA-Temperaturkoeffizienten

deutlich, dass selbst ein solcher Abstand nicht immer ausreichend ist.

- Unmittelbar nach Abschaltung des Injektors (Abschalten des Kraftfahrzeugs bzw. Motors) befinden sich die Einheiten des Injektors auf hoher Temperatur. Durch die damit verbundene Temperaturdehnung des Piezoaktors relativ zum nicht perfekt abstimmbaren Gehäuse kann der thermische Abstand überwunden werden und das Dichtelement trotz fehlender Piezoansteuerung öffnen, zumal im Abstellzustand keine durch den Fluiddruck verursachte Gegenkraft  $F_0$  mehr auf das Dichtelement wirkt. Das Dichtelement ist also im ausgeschalteten Zustand des Motors noch offen.
- Der Fluiddruck, welcher auf das Dichtelement von der anderen Richtung drückt, kann aber anschließend im eingeschalteten Zustands des Injektors bis zu 2000 bar erreichen und Kräfte bzw. Gegenkräfte bis zu 600 N hervorrufen. Während des Injektorbetriebs sorgen diese Kräfte für ein definiertes Schließen des Dichtelements, trotz einer Überdehnung des Aktors. Eine interne Hochdruckpumpe im Kraftfahrzeug ist bei einem erneuten Startversuch des Motors und damit des Injektors aber nicht mehr in der Lage, sofern der Injektor noch heiß ist, den erforderlichen Druck aufzubauen um das Dichtelement zu schließen, sodass es zu Fehlfunktionen des Injektors führt.

- Eine gemäß dem Stand der Technik übliche Aktoreinheit A wird in **Figur 1** gezeigt. Sie besteht aus einem Gehäuse 1, einem Piezoaktor 2 mit einer Rohrfeder 8, einer ersten und einer zweiten Endkappe 3,7, wobei die erste Endkappe 3 mit einem Stößel 4 versehen ist. Der Piezoaktor 2 ist unter einer Druckvorspannung von ca. 600 bis 800 N in die Rohrfeder 8 eingeschweißt, um schädliche Zugspannungen im Betrieb zu vermeiden. Eine Membrane 5, typischerweise aus Metall, ermöglicht die Abdichtung des Piezoaktors vom Kraftstoff. Die zweite Endkappe 7 stützt sich gegen das Gehäuse 1 ab, während die erste Endkappe 3 bei einer Ansteuerung zusammen mit dem

Stößel 4 gegen das Dichtelement 6 des Sitzventils 12 drückt. Im drucklosen Zustand wird das als Kugel realisierte Dichtelement 6 mit Hilfe einer schwachen Rückstellfeder (nicht dargestellt) mit ca. 5N im Sitz 12 gehalten. Im Normalzustand (keine Ansteuerung des Piezoaktors) besteht zwischen dem Dichtelement 6 und dem Stößel 4 ein Sicherheits- Abstand von typischerweise 3 bis 5µm.

Bei diesem Aufbau führt eine stärkere thermische Dehnung des Piezoaktors 2 aufgrund seiner Befestigung über die Endkappe 7 am festen Ende des Gehäuses 1 zu einer Verlängerung des Piezoaktors in Richtung des Ventilsitzes 12.

Es ist aber festzustellen, dass thermische Änderungen keine kurzzeitigen Vorgänge im Bereich von unter 10 ms sind, sondern eher im Sekunden- bis Minutenbereich liegen. Eine derart langsame Ausdehnung des Aktors 2 kann jedoch durch ein hydraulisches Kompensationselement X, wie in **Figur 1a** gezeigt, abgefangen werden. Ein solches hydraulisches Kompensationselement X sitzt vorzugsweise zwischen der Endkappe 7 des Aktors 2 und dem oberen Ende des Gehäuses 1 und ist am Gehäuse befestigt. Unter Verwendung eines solchen hydraulischen Kompensationselements findet also die thermische Dehnung des Aktors nunmehr in die Richtung der Endkappe 7 statt und führt nicht zwingend zu einer Änderung des Abstands zwischen dem Dichtelement 6 und dem Stößel 4 und somit auch nicht zu Dauerleckagen.

Das hydraulische Kompensationselement X weist jedoch gegenüber kurzzeitigen Kraftbeaufschlagungen eine einem Festkörper vergleichbare Steifigkeit auf, wobei trotz dieser Steifigkeit das hydraulische Kompensationselement oder ein Bestandteil des hydraulischen Kompensationselements der mittelbar oder unmittelbar mit dem Piezoaktor verbunden ist um einen vernachlässigbaren Weg nachgibt. Allerdings addieren sich diese für sich genommen vernachlässigbaren Wege bei mehrfacher Ansteuerung des Piezoaktors, sodass das hydraulische Kompensa-

tionselement oder der Bestandteil des hydraulischen Kompensationselements um die maximale Auslenkung des Piezoaktors nach oben verschoben wird und dadurch der Abstand zwischen dem Stößel 4 und Dichtelement 6 derart vergrößert ist, dass der Stößel das Dichtelement bei wiederholter Ansteuerung des Piezoaktors nicht mehr erreicht. Eine Öffnung des Dichtelements 6 ist in diesem Fall nicht mehr möglich.

Somit liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung und/oder ein Verfahren anzugeben, durch die/dem stets ein vorgebbare Abstand zwischen einem Dichtelement und einer Aktoreinheit eingehalten werden kann.

Die Lösung besteht in einer Dosiervorrichtung, umfassend:

- eine Aktoreinheit umfassend ein Gehäuse mit einem im Gehäuse eingeführten Aktor
- ein hydraulisches Kompensationselement das mit dem Aktor verbunden ist, wobei
- ein erstes Ende des Aktors mit einer ersten Endkappe versehen ist
- ein Anschlag in der Form eines Sitzes am Gehäuse angeordnet ist, welcher der ersten Endkappe gegenüberliegt und für die erste Endkappe eine Anschlagposition definiert
- der Anschlag einen maximalen Abstand zwischen einem Dichtelement einer Ventileinheit und der Endkappe einhält, wobei der Abstand kleiner ist als die durch den Aktor bewirkte Auslenkungslänge und die Auslenkungslänge über die Endkappe zum Öffnen des Ventils ausreicht
- bei einer Bewegung der ersten Endkappe in Richtung des hydraulischen Kompensationselements die Endkappe den Anschlag trifft und diese Bewegung blockiert wird.

Durch diese Dosiervorrichtung ergibt sich der Vorteil, dass auch bei schwankenden Arbeitstemperaturen ein möglichst geringer Abstand zwischen dem Dichtelement und dem Aktor eingehalten wird. Damit ist eine Öffnung des Dichtelements durch den Aktor immer gewährleistet, wobei die durch das hyd-

raulische Kompensationselement erreichbare Kompensation der Temperaturdehnung des Aktors beibehalten wird.

5 Beim Verfahren zur Herstellung der erfindungsgemäßen Dosier-  
vorrichtung wird die erste Endkappe am Anschlag vorbeigeführt  
und anhand einer anschließenden zweiten Drehung die Endkappe  
und der Anschlag sich derart gegenüberliegen, dass bei einer  
Bewegung der Endkappe in Richtung des hydraulischen Kompensa-  
tionselements die Endkappe den Anschlag trifft und diese Be-  
10 wegung blockiert wird.

Das Verfahren entspricht ein einfaches Schlüssel-Schloss Ver-  
hältnis zwischen der Endkappe und dem Anschlag. Es ist für  
eine einfache Herstellung der Dosiervorrichtung besonders ge-  
15 eignet und sicher.

Das Schlüssel-Schloss Verhältnis stellt vorzugsweise ein Ba-  
jonettverschluss dar.

20 Der Aktor ist vorzugsweise ein Piezoaktor.

Weitere Vorteile und eine nähere Erläuterung der Erfindung  
ergeben sich anhand der folgenden Ausführungsbeispiele.

25 Dabei zeigen:

**Figur 2** eine Dosiervorrichtung mit einer Anschlagsanordnung  
und einem hydraulischen Kompensationselement,

30 **Figur 3** Beispiele einer Geometrie einer Endkappe,

**Figur 4** die durch ein Gehäuse geführte und in Figur 3 vor-  
gestellte Endkappe,

35 **Figur 5** eine drei-dimensionale Ansicht der durch das Gehä-  
use geführten Endkappe

**Figur 2** zeigt eine Dosiervorrichtung mit den bekannten Merkmalen aus Figur 1, einem bereits erwähnten hydraulischen Kompensationselement 13, modifizierten Endkappen 7', 3' und einen Anschlag 14.

5

Der Einbau des hydraulischen Kompensationselements 13 in die Dosiervorrichtung kann in einfacher Weise zwischen einem Ende des Gehäuses 1 und dem Piezoaktor 2 erfolgen, welches die Integration in bzw. die Modifikation bestehender Injektoren vorteilhafterweise vereinfacht. Das hydraulische Kompensationselement ist vorzugsweise fest an der Innenwand des Gehäuses 1 befestigt.

Das hydraulische Kompensationselements 13 ist grundsätzlich gegenüber einer kurzzeitigen Kraftbeaufschlagung steif und gibt gleichzeitig bei einer thermisch induzierten Längenänderung des Aktors nach.

Das hydraulische Kompensationselement 13 weist vorzugsweise mindestens eine Hydraulikkammer 13c, ein hohl-zylinderförmiges Gehäuse 13a und einen Kolben 13b auf, wobei der Kolben 13b oder das Gehäuse 13a mit der zweiten Endkappe 7' des Aktors 2 verbunden ist. Die Hydraulikkammer 13c liegt zwischen jeweils axial druckwirksame Flächen des Kolbens und des Gehäuses und zwischen mindestens zwei Spielpassungen 13g, die zwischen dem Kolben und dem Gehäuse ausgebildet sind. Die axial druckwirksamen Flächen sind im wesentlichen axial ausgerichtet. Unter "axial" wird die Richtung der Krafteinwirkungen- und Übertragungen des Piezoaktors bzw. des hydraulischen Kompensationselements verstanden. Unter "axial" wird allerdings auch "im wesentlichen axial" verstanden. Die Spielpassungen 13g haben grundsätzlich eine stark fluiddrosselnde Wirkung. Das hydraulische Kompensationselement ist unter Druck mit einem Fluid, vorzugsweise Silikonöl, befüllbar. Es wird bevorzugt, dass das hydraulische Kompensationselement eine axiale Durchbohrung 13d aufweist, durch die Zuleitungen

17 zum Piezoaktor 2 geführt werden können. Insbesondere wird der Kolben 13b mit dieser Durchbohrung 13d versehen.

5 Der Kolben 13b und das Gehäuse 13a sind bei einer langsamen thermisch induzierten Längenänderung des Aktors relativ zu-  
einander kraftlos verschieblich, so dass das hydraulische  
Kompensationselement in dieser Zeit nachgibt. Bei einer kurz-  
zeitigen Kraftbeaufschlagung verschiebt sich der Kolben aber  
10 nur um einen vernachlässigbaren Weg relativ zum Gehäuse, so  
dass das hydraulische Kompensationselement als steif zu be-  
trachten ist.

Es wird außerdem bevorzugt, dass das hydraulische Kompensati-  
onselement zur erhöhten Steifigkeit mehrere, insbesondere  
15 zwei, Hydraulikkammern aufweist. Dabei wird das Gehäuse 13a  
um einen Teil erweitert, um eine weitere, der ersten Hydraulik-  
kammer 13c analoge Hydraulikkammer zwischen dem Kolben 13b  
und dem Gehäuse 13a wie zuvor genannt zu bilden. Das hydrau-  
lische Kompensationselement würde in diesem Falle bi-  
20 directional wirken.

Das hydraulische Kompensationselement 13 ist an seinen beiden  
Stirnseiten mit Membranen 13f versehen, die vorzugsweise je-  
weils am Kolben 13b und am Gehäuse 13a befestigt sind. Durch  
25 die Membrane werden Speichervolumina 13e zwischen dem Gehäu-  
se, der Membranen und dem Kolben ausgebildet. Die Membrane  
können sich auch bei erhöhter Temperatur ausbeulen, sodass  
sie eine thermische Volumenänderung des sich im hydraulischen  
Kompensationselement befindlichen Fluids ausgleichen können.  
30 Sie weisen vorzugsweise jeweils Temperaturdehnungskoeffizien-  
ten auf, die sich von denen des Gehäuses und/oder des Kolbens  
unterscheiden. Die Membrane sind vorzugsweise als ringförmig-  
e Flachmembrane ausgebildet.

35 Es wird auch bevorzugt, dass das hydraulische Kompensations-  
element hydraulisch über eine Bohrung im Gehäuse 13a hydrau-  
lische Kompensationselements mit einem Ausgleichsspeicher



verbunden ist, um eine steigernde Volumenänderung des im hydraulischen Kompensationselement befindlichen Fluids bei erhöhter Temperatur noch besser als nur mit den zuvor erwähnten Membranen 13f und Speichervolumina 13e abfangen zu können.

- 5 Der Ausgleichsspeicher weist vorzugsweise eine Membrane, welche als elastische Hülse realisiert werden kann, und ein darunter eingeschlossenes Speichervolumen auf. Die elastische Hülse des Ausgleichsspeichers ist vorzugsweise an der Mantelfläche des Gehäuses 13a angeordnet. Bei erhöhter Temperatur  
10 des Fluids dehnt sich die Membrane aus sodass dem Fluid im hydraulischen Kompensationselement ein größeres Volumen zur Verfügung steht und somit keine störende Nettokraftwirkung zwischen dem Kolben und dem Gehäuse zustande kommt. Um für die Ausdehnung der elastischen Hülse des Ausgleichsspeichers  
15 zwischen dem Gehäuse 13a des hydraulischen Kompensationselements und der Innenwand des Gehäuses 1 der Dosiervorrichtung genügend Raum bereitstellen zu können wird bevorzugt, dass das Gehäuse 13a des hydraulischen Kompensationselements mittels eines Abstandhalters mit der Innenwand des Gehäuses 1  
20 der Dosiervorrichtung mechanisch verbunden ist.

Der Ausgleichsspeicher kann allerdings auch in der Form eines externen Hydrospeichers realisiert werden.

- 25 Es wird auch bevorzugt, dass der Kolben 13b oder das Gehäuse 13a mit axialen Bohrungen versehen ist welche die Speichervolumina 13e mit den Hydraulikkammern 13c verbinden, um einen Rücklauf des Fluids während der Austastlücke des Piezoaktors in die Hydraulikkammern und in die Speichervolumina zu erleichtern. Die Öffnungen der Bohrungen werden in diesem Falle mit Rückschlagventilen, sogenannte Flappervlaves, versehen, sodass sich die Öffnungen der Bohrungen bei kurzzeitiger Auslenkung des Piezoaktors schließen und damit das hydraulische Kompensationselement nach wie vor bei kurzzeitigen  
30 Kraftbeaufschlagungen steif ist. Während der Austastlücke des Piezoaktors öffnen sich dabei die Rückschlagventile aufgrund einer Druckabsenkung in den Hydraulikkammern 13c.  
35

Bei einem hydraulischen Kompensationselement 13 der vorgestellten Art muss eine reibungsarme Bewegung des Kolbens 13b relativ zum Gehäuse 13a des hydraulischen Kompensationselements gewährleistet sein, da ansonsten seine angestrebte Ausgleichsfunktion nicht oder nur eingeschränkt gegeben wäre. Hierzu sind die Passungsmasse und Toleranzen von Kolben und Gehäuse so zu wählen, dass ein positives Spiel vorhanden ist. Für eine reibungs- und ruckarme Bewegung zwischen Kolben und Gehäuse ist zusätzlich eine hinreichende Oberflächengüte der Außenseite des Kolbens und/oder der Innenwand des Gehäuses, insbesondere eine geringe Oberflächenrauigkeit, wie sie beispielsweise durch Schleifen hergestellt werden kann, und um Verkippungen zu vermeiden, eine ausreichende Führungslänge, vorteilhaft. Eine Einhaltung der Passungsmasse von Kolben und Zylinder wird derart sichergestellt, dass es nicht nur im Montagezustand, sondern auch im stationären und instationären Betrieb des hydraulischen Kompensationselements zu keinem Klemmen oder reibungsbehafteten Gleiten (Stick-Slip) des Kolbens im Gehäuse, beispielsweise durch eine stärkere thermische Ausdehnung des Kolbens in Bezug auf das Gehäuse oder eine stärkere thermische Kontraktion des Gehäuses in Bezug auf den Kolben, kommen kann. Insbesondere im Instationärbetrieb und bei hohen Betriebsfrequenzen entstehen aufgrund der hohen und sich zeitlich stark ändernden Wärmefreisetzung des Piezoaktors bei gleichzeitiger Kühlung durch den Kraftstoff radiale Temperaturgradienten, die zu einer unterschiedlichen thermischen Ausdehnung von Kolben und Zylinder und bei nicht sachgerechter Auslegung zu Klemmungen führen können. Dieses kann durch folgende Maßnahmen verhindert werden:

a.) der Kolben und das Gehäuse bestehen aus dem gleichen Material oder Materialien mit dem gleichen Temperaturdehnungskoeffizienten. Zur Vermeidung von Klemmungen ist ein hinreichend großes Spaltmaß zwischen Kolben und Zylinder im Bereich von 10 bis 50  $\mu\text{m}$  in Verbindung mit einem Fluid höherer Grundviskosität im Bereich 100 bis 1000 Centistokes bei ausrei-

chender Führungslänge des Kolbens im Gehäuse zur Vermeidung von Verkipptungen, zu wählen.

5 b.) Erwärmt sich der Kolben z.B. stärker als das Gehäuse aufgrund eines angeschlossenen Antriebselementes wie z.B. aufgrund des Piezoaktors (hierbei entsteht ein nicht zu vernachlässigender radialer Temperaturgradient), so wird für den Kolben 3 ein Material mit kleinerer thermischer Dehnung gewählt, wodurch der Kolben nicht in den engen Spielpassungen  
10 13g zu klemmen beginnt.

c.) Kann man davon ausgehen, dass sich der Kolben 13b, das Hydraulikfluid und das Gehäuse 13a immer auf nahezu gleicher Temperatur befinden, so kann der Temperatureinfluss auf die  
15 Spaltströmung zwischen den Spielpassungen 13g im durch einen Aktor belasteten Zustand des Hydrauliksystems in weiten Bereichen kompensiert werden, wenn der Kolben eine geeignet gewählte höhere thermische Dehnung als das Gehäuse aufweist. Die Erklärung besteht darin, dass die Viskosität des Hydraulikfluids gemäß einem Exponentialgesetz mit der Temperatur  
20 abnimmt und der Volumenstrom des Hydraulikfluiden entlang der Spielpassungen entsprechend exponentiell zunimmt. Der Volumenstrom ist dabei proportional zur 3. Potenz der Breite der Spielpassungen, welches auch als Passmaß bezeichnet werden  
25 kann. Das Passmaß nimmt mit der Temperatur linear ab und somit sind die Temperatureffekte auf das Passmaß und auf die Viskosität gegenläufig.

Das Gehäuse 1 der Dosiervorrichtung wird bedarfsweise gegenüber dem ursprünglichen Aufbau nach Figur 1 verlängert um das  
30 hydraulische Kompensationselement 13 aufzunehmen zu können. Dabei wird die zweite Endkappe 7' mit dem Kolben 13b des hydraulischen Kompensationselements verschweißt. Das Gehäuse 1 wird nach oben durch ein Abschlusselement 15, vorzugsweise  
35 ein festes Lager, verschlossen.

Dennoch ist der verhältnismäßig kleine Bedarf an Bauraum des hydraulischen Kompensationselements 13 bei maximaler Steifigkeit für die Dosiervorrichtung zum Einbau in einem Injektor eines Kraftfahrzeugs bei den dort üblichen, strengen Raumbedingungen, besonders vorteilhaft.

Die in der Beschreibungseinleitung genannte piezoelektrische Aktoreinheit PAU, nachfolgend Aktuatoreinheit A genannt, umfasst die Anordnung von Merkmalen die direkt mit dem Piezoaktor 2 mittelbar oder unmittelbar mechanisch verbunden sind, weist außer den aus Figur 1 bekannten Merkmalen noch eine erste, untere und modifizierte Endkappe 3' auf, welche mit einem auf eine Ventileinheit B gerichteten Stößel 4 ausgestattet ist. Als Ventileinheit B wird zumindest eine Anordnung, welche den Ventilsitz 12 und das Dichtelement 6 umfasst, verstanden. Die Ventileinheit kann zudem noch Zu- und Rückläufe 9, 10 für den Kraftstoff aufweisen. Die Endkappe 3' ist vorzugsweise kegelstumpfförmig, deren Mantelfläche Stufen aufweist. Dabei soll die Endkappe 3' aber mindestens zwei Ohren 3'a aufweisen, deren im wesentlichen axial, in entgegengesetzte Richtung zum Dichtelement 6 ausgerichteten Flächen beim Rückziehen des Aktors auf die ebenfalls axial ausgerichtete Flächen 14a des Anschlags 14 stoßen.

Unterhalb des Anschlags 14 in Richtung der Ventileinheit B dichtet eine Membrane 5 den Piezoaktor 2 gegen einen in der Dosiervorrichtung befindlichen Kraftstoff ab, der beim Öffnen des Dichtelements 6 vom Zulauf 9 durch das Sitzventil 12 zum Rücklauf 10 fließt. Die Membrane 5 verbindet vorzugsweise das Gehäuse 1 mit der Endkappe 3'.

Der Piezoaktor 2 ist vorzugsweise auch mit einer zweiten, oberen Endkappe 7' versehen, welche mit dem hydraulischen Kompensationselement verbunden ist. Es wird bevorzugt, dass die Endkappe 7' eine axiale Bohrung 16 für Anschlussdrähte 17 aufweist, um die Kontaktierung des Piezoaktors 2 zu einer Steuerungselektronik (nicht dargestellt) zu vereinfachen.

Ein wesentliches Element der Dosiervorrichtung ist der Anschlag 14, der entgegen einer Änderung der Gleichgewichtsposition des Kolbens 13b des hydraulischen Kompensationselements, und damit auch der Position der Endkappe 3', wirkt.

Der Anschlag 14 kann als Verjüngung des Innendurchmessers des Gehäuses 1 betrachtet werden. Dabei wird unter dem Begriff "Innendurchmesser" oder "Durchmesser" immer ein queraxialer Durchmesser verstanden, der rechtwinklig zur Längsachse des Aktors verläuft. Der Anschlag ist vorzugsweise durch zwei Ausnehmungen durchbrochen. Der Anschlag erlaubt die Ausdehnung des Aktors in Richtung des Dichtelements 6, verhindert aber ein Rückziehen der Endkappe 3' über einen vordefinierten Abstand vom Dichtelement 6 hinaus. Will sich der Kolben 3b des hydraulischen Kompensationselements zudem aus seiner ursprünglich eingestellten Gleichgewichtslage entfernen, so kommt es aufgrund der Elastizität des Piezoaktors zu einer rücktreibenden Kraft, die nachdem die Ansteuerspannung für den Piezoaktor weggenommen wurde (die Austastlücke) die ursprünglich eingestellte Gleichgewichtslage des Kolbens 13b wieder erzwingt.

Mit Hilfe von Unterlegscheiben kann eine Feinjustage des maximalen Abstands zwischen dem Stößel 4 der Endkappe 3' und dem Ventilsitz 12 erreicht werden. Die Anforderungen an die Genauigkeit dieser Feinjustage sind aber aufgrund der kompensierenden Wirkung hydraulischen Kompensationselements sehr gering.

Der Anschlag 14 kann in einer Vielzahl von Varianten ausgebildet werden. Wesentlich bei einer konkreten Ausführung ist seine Montage unterhalb des Piezoaktors, um die Dehnung des Aktors nach oben bzw. in entgegengesetzter Richtung zum Dichtelement zu erlauben.

**Figur 3** zeigt die untere Endkappe 3' als Kegelstumpfform mit einer Mantelfläche welche mit Stufen versehen ist. Die Endkappe weist insbesondere zwei Ohren 3'a auf, auf deren queraxialen Ebene ein Außendurchmesser der Endkappe vorliegt, der größer ist als der minimale Innendurchmesser des Anschlags bzw. der Verjüngung 14 des Gehäuses 1.

Bei der Herstellung der Dosiervorrichtung werden insbesondere die Ohren 3'a der Endkappe 3' an den Ausnehmungen 14a des Anschlags 14 vorbeigeführt. Anschließend wird die Endkappe gedreht, sodass durch ein Rückziehen der Endkappe die Ohren 3'a nicht mehr am Anschlag vorbeigeschoben werden können.

**Figur 4** zeigt wie die Endkappe 3' vor dem fertig hergestellten Zustand der Dosiervorrichtung dem Anschlag 14 gegenüber liegt. Dabei zeigt die Querschnittsansicht links wie der Außendurchmesser der Endkappe 3' auf der Ebene der Ohren 3'a größer ist als der minimale Innendurchmesser des Anschlags. Die Ausnehmungen des Anschlags werden mit 14a dargestellt. In der rechten dreidimensionalen Ansicht ist deutlich, wie die Ausnehmung 14a und Anschlag jeweils aneinander geordnet sind. Dabei ist die Lage der Ohren 3'a der Endkappe in dieser Ansicht derart, dass die Endkappe 3' ohne einer Drehung am Anschlag geradeaus vorbeigeführt werden kann, indem die Ohren 3'a durch die Ausnehmungen 14a passierbar sind. Nachdem die Endkappe 3' am Anschlag 14 vorbeigeführt worden ist, wird sie gedreht, sodass die Ohren 3'a und die Ausnehmungen 14a des Anschlags sich nicht mehr axial gegenüberliegen und die Ohren 3'a bei einer Rückziehung des Piezoaktors auf den Anschlag 14 stoßen würden.

Die Endkappe 3' ist also grundsätzlich das passende Gegenstück zum Anschlag 14, sodass sich dadurch eine Schlüssel-Schloss Anordnung bildet. Der Anschlag und die Endkappe bilden also einen Bajonettverschluss.

**Figur 5** zeigt eine weitere dreidimensionale Ansicht des unteren Bereichs der Dosiervorrichtung vor ihrem fertig hergestellten Zustand. Wie in Figur 4 gezeigt, liegen die Ohren 3'a den Ausnehmungen 14a gegenüber, sodass die Endkappe 3' am Anschlag 14 vorbeigeführt werden kann.

Eine weitere Möglichkeit zur Ausbildung eines Anschlags 14 besteht in der direkten Verbindung zwischen dem Stößel 4 und dem Dichtelement 6 des Sitzventils 12, sodass der Stößel auch die Rolle des Dichtelements übernimmt. Bei einem Rückziehen der Endkappe gerät der Ventilsitz dann selbst zum Anschlag-element, da das Dichtelement bzw. der Stößel ein Durchmesser aufweist, sodass es bzw. er nicht am Ventilsitz vorbeigeführt werden kann.

Der Anschlag 14 kann auch durch eine zusätzliche Feder zwischen Kolben 13b und dem festen Lager 15 ersetzt werden. Die Vorspannung der Feder bei der Herstellung der Dosiervorrichtung sorgt für eine effektive Kraft nach unten, die über den Stößel 4 zum Dichtelement 6 der Ventileinheit B wirkt und einer Veränderung der Gleichgewichtslage des Kolbens entgegenwirkt. Der Kolben erfährt dadurch immer eine Rückstellkraft, um ein Verschieben der Gleichgewichtslage des Kolbens zu verhindern und einen definierten Kontakt zwischen dem Stößel und dem Dichtelement zu gewährleisten.

Je nach Ausführungsform ist die Elastizität auch der Membrane 5 als Rückstellelement für eine gewünschte Gleichgewichtslage geeignet. Ein Anschweißen der Membrane 5 an die Endkappe 3' und am Gehäuse 1 sorgt dabei für einen Schutz gegen eine Verdrehung der Endkappe in eine Lage, in der die Ausnehmungen 14a und die Ohren 3'a sich im fertig hergestellten Zustand der Dosiervorrichtung gegenüberliegen, und die Endkappe dadurch versehentlich wieder am Anschlag vorbeigezogen wird.

Es wird bevorzugt, dass die erfindungsgemäße Dosiervorrichtung in einem Common-Rail Diesel Injektor eingesetzt wird.

Im Rahmen dieses Dokuments werden folgende Quellen angegeben:

- [1] Vortrag, Dr. Lubitz, Actuator Messe, Bremen 2002



## Patentansprüche

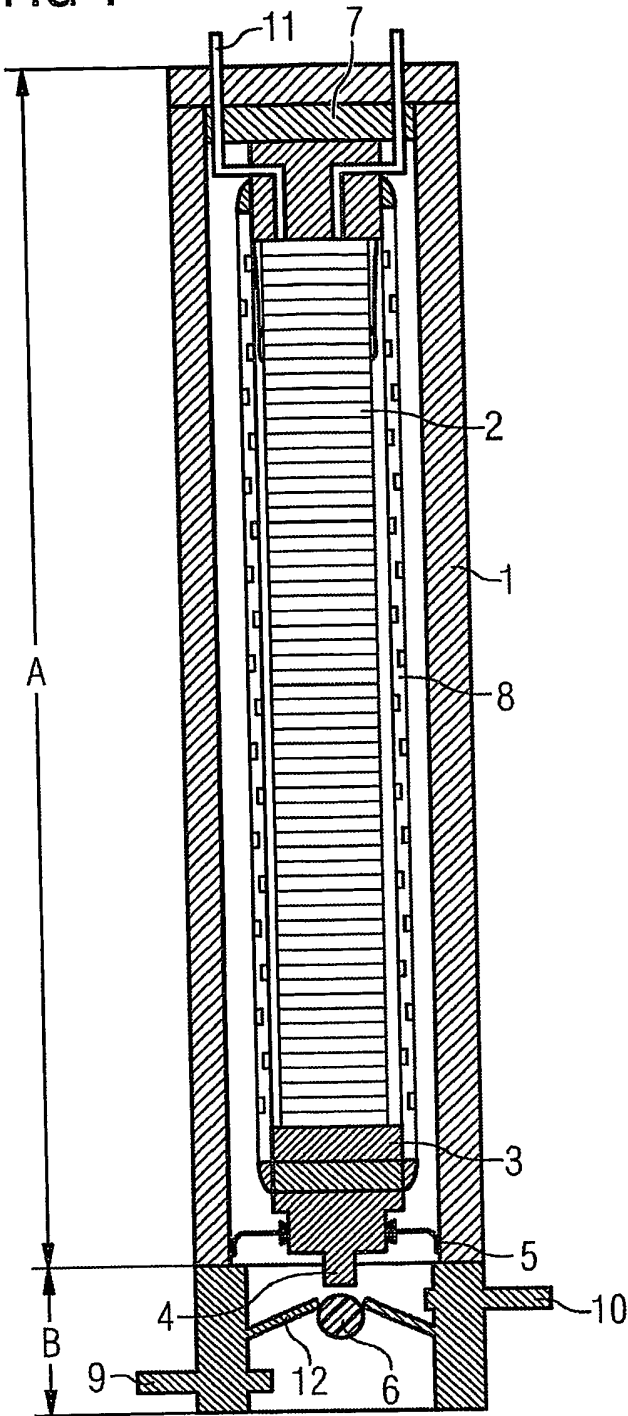
1. Dosiervorrichtung, aufweisend:
  - eine Aktoreinheit (A) umfassend
  - 5     - ein Gehäuse (1) mit einem im Gehäuse eingeführten Aktor (2)
  - ein unter Druck mit einem Fluid befüllbares hydraulisches Kompensationselement (X) welches mit dem Aktor verbunden ist, wobei
  - 10    - ein erstes Ende des Aktors (2) mit einer ersten Endkappe (3') versehen ist
  - ein Anschlag (14) in der Form eines Sitzes am Gehäuse (1) angeordnet ist, welcher der ersten Endkappe (3') gegenüberliegt und für die erste Endkappe eine Anschlagposition
  - 15    definiert
  - der Anschlag (14) einen Abstand zwischen einem Dichtelement (6) einer Ventileinheit (B) und der Endkappe (3') einhält, wobei der Abstand kleiner ist als der durch den Aktor (2) bewirkte Hubweg sodass der Hub des Aktors (2)
  - 20    über die Endkappe (3') zum Öffnen des Ventils ausreicht
  - bei einer Bewegung der ersten Endkappe (3') in Richtung der Hydraulisches Kompensationselement (13) die erste Endkappe (3') den Anschlag (14) trifft und diese Bewegung
  - 25    blockiert wird.
2. Dosiervorrichtung nach Anspruch 1, bei der die erste Endkappe (3') ein auf die Ventileinheit (B) gerichtetes Stößel (4) aufweist.
- 30 3. Dosiervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, bei der die erste Endkappe (3') kegelstumpfförmig ist, deren Mantelfläche Stufen aufweist.
- 35 4. Dosiervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der der Anschlag (14) als Verjüngung des Innendurchmessers des Gehäuses (1) ausgebildet ist.

5. Dosiervorrichtung nach Anspruch 4, bei der die erste Endkappe (3'') zwei Ohren (3'a) aufweist, auf deren queraxialen Ebene die Endkappe einen Außendurchmesser aufweist, welche größer ist als der minimale Innendurchmesser des Anschlags (14).
6. Dosiervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der der Aktor mit einer zweiten Endkappe (7'') versehen ist, welche mit dem hydraulischen Kompensationselement (13) verbunden ist.
7. Dosiervorrichtung nach Anspruch 6, bei der die zweite Endkappe (7'') eine Bohrung (16) für Anschlussdrähte aufweist.
8. Dosiervorrichtung einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der der Aktor (2) mittels einer Rohrfeder (8) vorgespannt ist.
9. Dosiervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das hydraulische Kompensationselement (X) gegenüber kurzzeitigen Kraftbeaufschlagungen steif ist und bei einer thermisch induzierten Längenänderung des Aktors nachgibt.
10. Dosiervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das hydraulische Kompensationselement (13):
- mindestens eine Hydraulikkammer (13c)
  - ein Gehäuse (13a)
  - einen im Gehäuse verschieblich eingeführten Kolben (13b)
  - Speichervolumina (13e), welche nach Außen mittels Membranen (13f) abgedichtet sind,
- aufweist, wobei der Kolben oder das Gehäuse mit der zweiten Endkappe (7'') des Aktors verbunden ist.

11. Dosiervorrichtung nach Anspruch 10, bei der das hydraulische Kompensationselement (13) zur erhöhten Steifigkeit mehrere Hydraulikkammern (13c) aufweist.
- 5 12. Dosiervorrichtung nach einem der Ansprüche 10 oder 11, bei der die Hydraulikkammern (13c) zwischen axial druckwirksame Flächen des Gehäuses (13a) und des Kolbens (13b) ausgebildet sind.
- 10 13. Dosiervorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, bei der der Kolben (13b) oder das Gehäuse (13a) axiale Bohrungen aufweist, welche die Speichervolumina (13e) mit den Hydraulikkammern (13c) verbinden, wobei die Öffnungen der Bohrungen mit Rückschlagventilen versehen sind.
- 15 14. Dosiervorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13, bei der im hydraulischen Kompensationselement der Kolben (13b) und das Gehäuse (13a) jeweils unterschiedliche Temperaturdehnungskoeffizienten aufweisen.
- 20 15. Dosiervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das hydraulische Kompensationselement (13) mit einem Ausgleichsspeicher versehen ist, welcher thermische Volumenänderungen des im hydraulischen Kompensationselement befindlichen Fluids abfängt.
- 25 16. Verfahren zur Herstellung einer Dosiervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die erste Endkappe (3') am Anschlag (14) vorbeigeführt wird und anhand einer anschließenden Drehung die Endkappe und der Anschlag sich derart gegenüberliegen, dass bei einer Bewegung der Endkappe in Richtung des hydraulischen Kompensationselements (13) die Endkappe den Anschlag trifft und diese Bewegung blockiert wird.
- 30

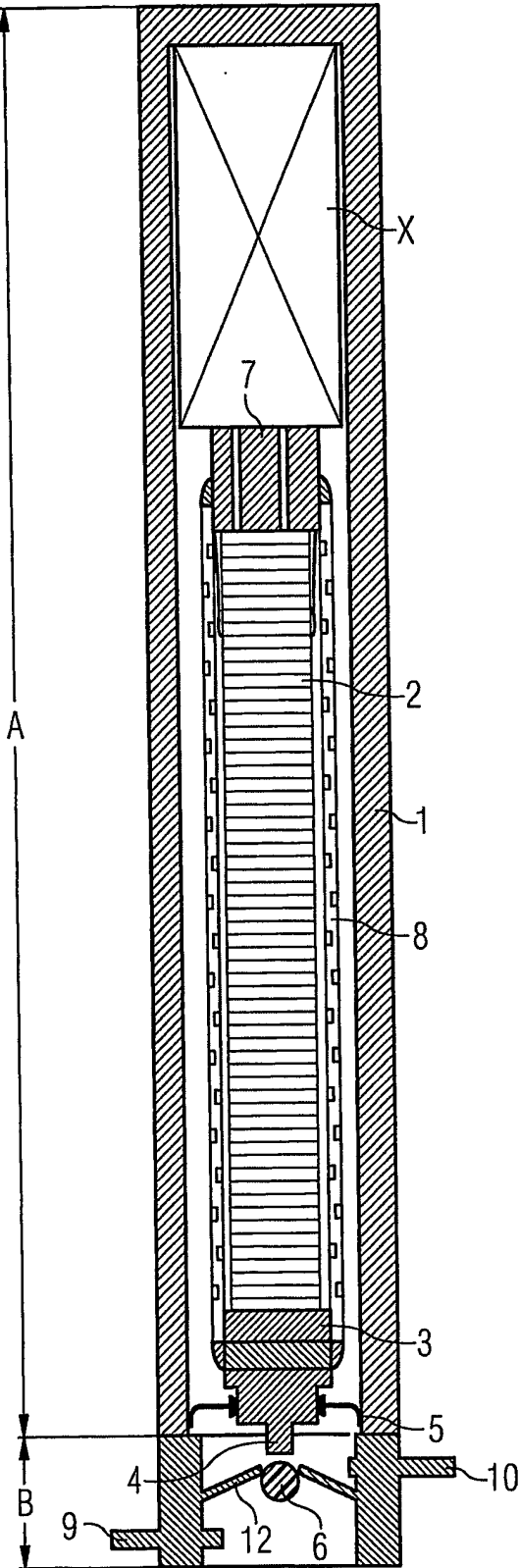
1/5

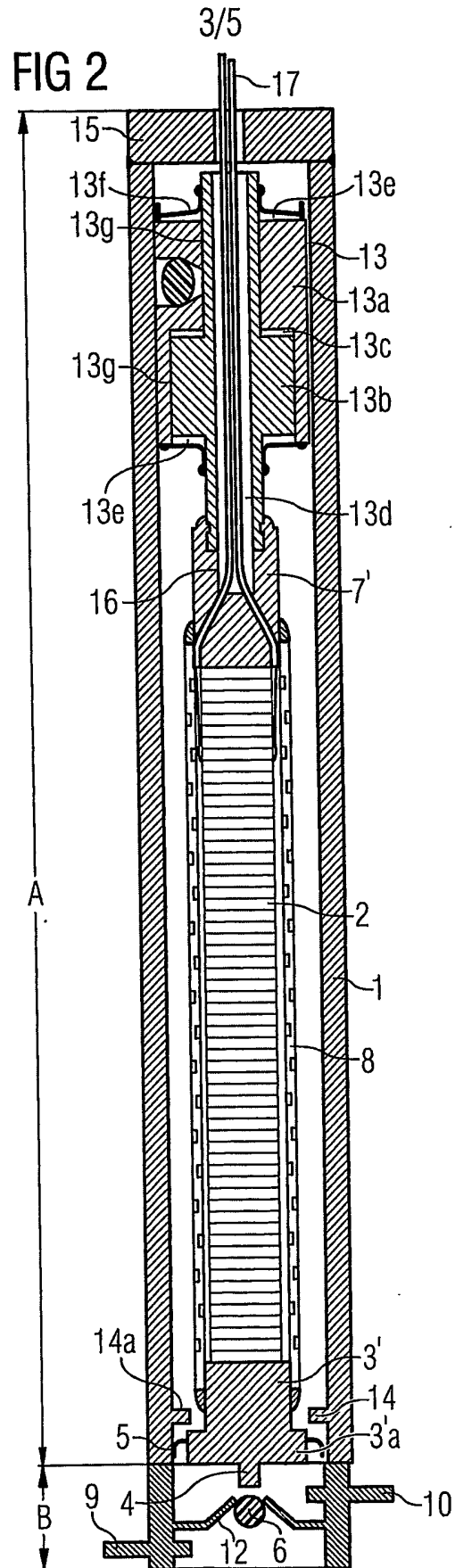
FIG 1



2/5

FIG 1A





4/5

FIG 3

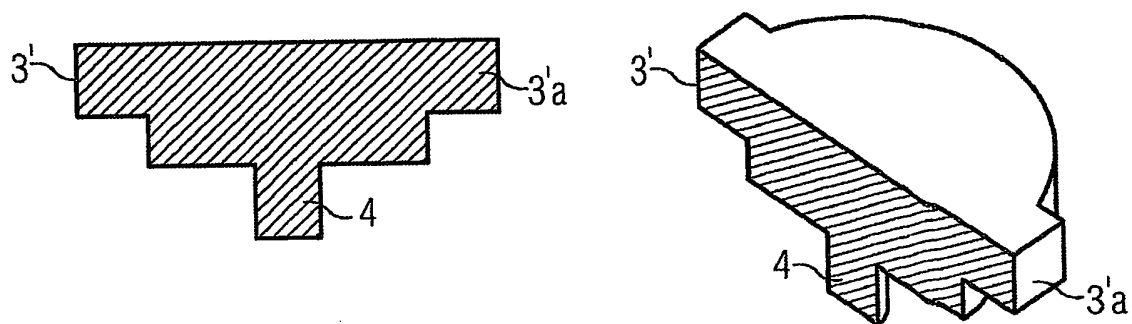
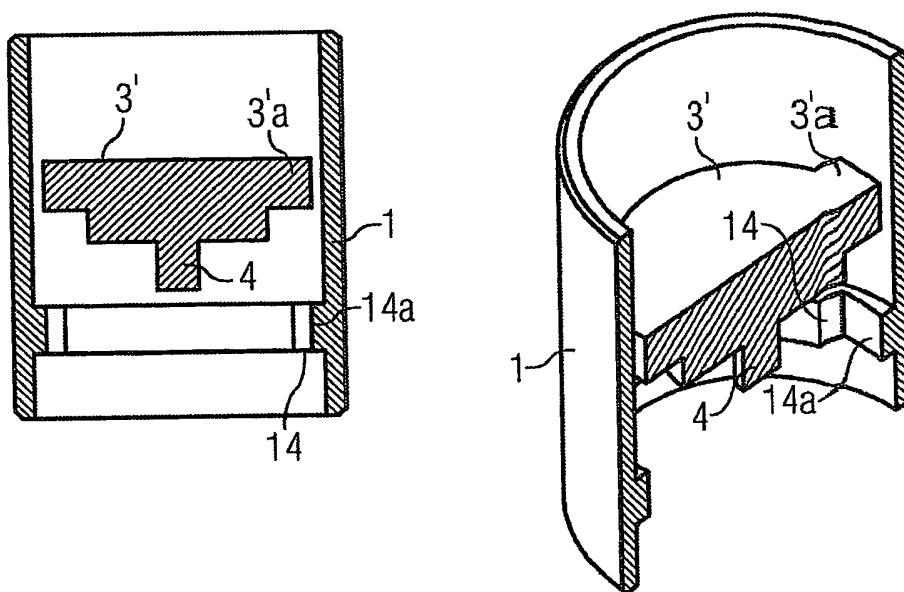


FIG 4



5/5

FIG 5

